

東急建設㈱ ○正会員 洪沢 重彦 正会員 酒井 邦登
 東急建設㈱ 正会員 満尾 淳
 室蘭工業大学 正会員 杉本 博之 学生会員 森 一功

1. まえがき

近年、都市区域において大規模土留掘削工事が多く行われるようになり、施工途中における土留構造物の安全性および近接構造物への影響を常に定量的に確認しながら、施工を進めることが重要な要素となっている。その試みの一つとして、各施工過程の計測結果より水平地盤反力係数等の物性値を推定（弾塑性土留逆解析）し、次施工段階の予測が行われてきているが、計測値である土留壁の水平変位あるいはたわみ角に対して未知数である物性値が敏感なことあるいは局所解が多く存在すること等から従来の数理計画法の適用が困難であった。

本研究では、多峰性関数問題や離散的最適化問題の解法として近年注目されてきているGA（遺伝的アルゴリズム）¹⁾を応用し、土留壁の水平変位から土留壁に作用する有効主働土圧分布の同定を試みた結果、本手法の妥当性が検証されたのでここに報告する。

2. GAによる弾塑性土留逆解析手法の定式化

GAのアルゴリズム²⁾は以下に示すとおりである。

①同定値となる設計変数を離散数として扱い、これと2進数、4進数あるいは10進数からなる線列と対応づける。

②N個（人口数）の線列（世代）に対して目的関数を計算し、これを適応関数に変換する。

③適応関数の値により、それぞれの線列の次世代への生存確率を決定する（淘汰）。

④ランダムに選択された任意の2つの線列についてある確率（Pc）で遺伝子の組み替えを行う（交叉）。

⑤同様に任意の1つの線列についてある確率（Pm）で、線列の一部を任意の遺伝子に置換する（突然変異）。

②から⑤までのプロセスを、繰り返すことにより最も目的関数の小さい線列を探索する。

本研究では、土留壁に作用する土圧分布を同定することを目的として、設計変数としては各層における上端の土圧強度 P_i および各層の土圧勾配 γ_i を採用した。ここで、層境は、単に地層境だけではなく、各施工段階における掘削底面も含む。ただし、土圧論的に隣接する層の土圧強度が連続となると判断できる場合、すなわち m 層下端の土圧強度と $(m+1)$ 層上端の土圧強度が等しい場合については、設計変数一つ減じることができる。また目的関数 O については、土留壁の水平変位を用いて式（1）のように設定した。ここで δ_a は深さ i での解析水平変位、 δ_m は深さ i での計測水平変位を表す。図-1に簡単な解析の流れを示す。

$$O = \sum_{i=1}^n (\delta_a - \delta_m)^2 \rightarrow \text{Min.} \quad (i = 1 \sim n) \dots\dots\dots (1)$$

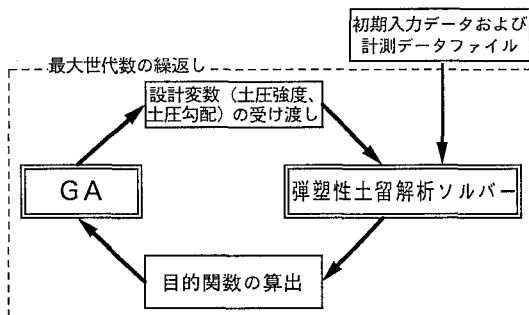


図-1 解析の流れ

表-1 設計変数のコーディング

設計変数 ランク	物理的意味	下限値	上限値	ピッチ
①	第1層上端土圧強度	0.00	3.15	0.05
②	第5層上端土圧強度	0.00	6.35	0.05
③	第1層土圧勾配	0.00	1.27	0.01
④	第2層土圧勾配	0.00	1.27	0.01
⑤	第3層土圧勾配	1.00	2.27	0.01
⑥	第4層土圧勾配	-0.63	0.00	0.01
⑦	第5層土圧勾配	-2.27	-1.00	0.01

3. 数値シミュレーション

ここでは図-2の(a)に示す3段切梁モデルを用いて、前述の手法の妥当性について検証を行った。掘削段階としては、4段階施工となるが、ここでは4次施工（最終段階）における土圧分布の同定を行った。解析手順としては、まず順解析を行い得られた各深さにおける水平変位を計測変位と見なし、逆解析プロセスにおける入力値とする。この時、計測ポイントとしては0.5m（31点）、1.0m（15点）、2.0m（8点）ピッチの3とおりを考えた。またGAパラメータとしては、設計変数は、2進数によりコーディングし、人口サイズ40、最大世代数30、 $P_c = 60\%$ 、 $P_m = 5\%$ 、交叉方法は一点交叉とした。図-2からわかるように第1層から第5層までは土圧強度が連続しているため、設計変数は、第1層、第5層上端の土圧強度および第1層から第5層までの土圧勾配の計7変数となる。表-1に各設計変数の上・下限値およびピッチを示す。

図-2に同定された土圧分布およびこの土圧分布を用いて行った順解析結果を示す。

同定された土圧分布は第1層および第5層でややバラツキはあるものの、水平変位およびモーメント分布は正解値と非常に良く一致することがわかる。すなわち土圧に対して水平変位、モーメントの感度は比較的鈍く、このことは表-1で設定した設計変数のピッチをより広げることができることを示しており、大深度土留のように土圧強度が大きくその推定範囲が広い事例にも対応できると考えられる。また解析結果は計測ポイントの数の影響をほとんど受けず解析の安定性を示している。なお計算はHP9000（750）により行ったが、計算時間はどのケースについても約300秒程度であった。

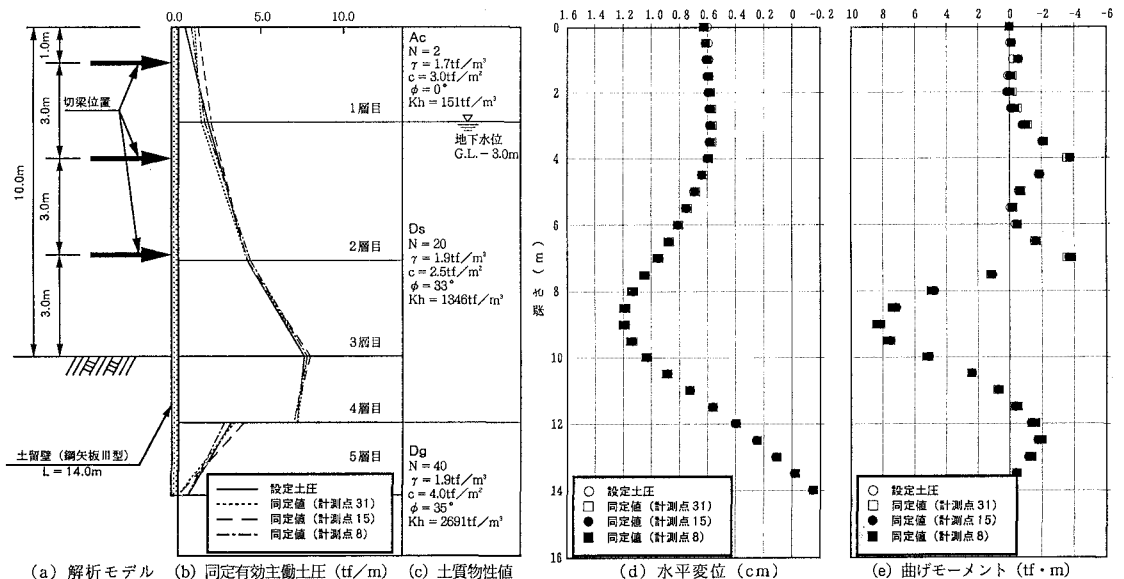


図-2 解析モデルおよび解析結果

4. おわりに

弾塑性土留逆解析手法にGAを適用した結果、土留壁に生じる水平変位、曲げモーメントをよく表現でき、本手法が有効であることが示された。今後は同定値として、有効受働土圧、地盤反力係数等、また計測値としてはたわみ角等も採りあげ、さらに実測データへの適用を試みたいと考えている。なお、本研究で用いた弾塑性土留解析プログラムは川田テクノシステム(株)によって開発されたものであることを明記しておく。

【参考文献】

- 1) D. E. Goldberg : Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison - Wesley Publishing Company, 1989.
- 2) 山本洋敬、杉本博之、笹木敏信、満尾 淳 : GAによる仮設鋼矢板締切工の設計、土木学会第47回年次大会学術講演会概要集、1-515、1992.